

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО КНИТУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР

А.В. Бурмистров

« » 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.В.ОД.13 Химические реакторы

Направление подготовки (специальности) 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы
(код) (наименование)
в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

Профиль подготовки Основные процессы химических производств и химическая кибернетика

Квалификация (степень) выпускника БАКАЛАВР

Форма обучения ОЧНАЯ

Институт, факультет ИНХН, ФННХ

Кафедра-разработчик рабочей программы ОХТ

Курс, семестр 4 курс, 7 семестр

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	18	
Практические занятия	–	
Семинарские занятия	–	
Лабораторные занятия	36	
Самостоятельная работа	99	
Контроль	27	
Всего	180	5
Форма аттестации	Зачет Экзамен	

Казань, 2017 г.

1. Цели освоения дисциплины «Химические реакторы»

1.1. Объект изучения дисциплины – химический реактор (ХР).

1.2. Предмет изучения – основы проектирования химических реакторов (ОПХР).

1.3. При организации учебного процесса по дисциплине «Химические реакторы» устанавливаются следующие **цели ее преподавания:**

- формирование знаний о предмете изучаемой дисциплины;
- раскрытие сущности протекающих в реакторе процессов и установление их взаимосвязи с наблюдаемыми и скрытыми явлениями в ходе эволюции технологического процесса;
- обучение методологии проектирования реактора путем последовательного использования основных факторов, обеспечивающих заданную степень совершенства конструкции и анализ альтернатив с оценкой реализуемости;
- ознакомление с современными промышленными гомо- и гетерофазными аппаратами, анализ их достоинств и недостатков и обоснование выбора существующего реактора под новую технологию;
- методические указания к дидактическому материалу учебной дисциплины для молодых преподавателей.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Химические реакторы» относится к *базовой* части гуманитарного, социального и экономического (*математического и естественнонаучного, профессионального*) цикла ООП и формирует у бакалавров по соответствующим направлениям подготовки набор специальных знаний и компетенций, необходимых для выполнения научно-исследовательской и инновационной, научно-педагогической, производственно-технологической, организационно-управленческой, консультационно-экспертной, проектно-конструкторской и проектно-технологической профессиональной деятельности.

Для успешного освоения дисциплины «Химические реакторы» бакалавр по соответствующим направлениям подготовки должен освоить материал предшествующих дисциплин:

1. Общая и неорганическая химия.
2. Органическая химия.
3. Физическая химия.
4. Коллоидная химия.
5. Математика.
6. Физика.
7. Прикладная механика.
8. Техническая термодинамика и теплотехника.
9. Процессы и аппараты химической технологии.
10. Материаловедение и защита от коррозии.

Знания, полученные при изучении дисциплины «Химические реакторы» могут быть использованы при прохождении практик (*научно-исследовательской и технологической*) и выполнении выпускных квалификационных работ по соответствующим направлениям подготовки.

Дисциплина «Химические реакторы» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

- а) химического профиля;
- б) механического профиля.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Химические реакторы»

ОПК-1 - способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности;

ПК-1 - способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции;

ПК-2 - способность участвовать в совершенствовании технологических процессов с позиций энерго - и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду;

ПК-3 - способность использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программ и баз данных для расчета технологических параметров оборудования и мониторинга природных сред.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

3.1. Знать:

- основные функции бакалавра на химическом производстве: решать профессиональные задачи в производственно-технологической и проектировочной деятельности;
- классификацию реакторов;
- показатели эффективности функционирования реактора;
- конструкции современных гомо- и гетерофазных промышленных реакционных аппаратов;
- элементы структуры реактора;
- параметры и режимы работы реакционных устройств;
- динамические свойства гетерофазных реакторов;
- методику проектирования реактора;
- основные требования к конструкции реактора;
- основные факторы, заложенные в методике проектирования реакционного устройства;
- условия безопасной работы;
- источники научно-технической информации в профессиональной сфере деятельности.

3.2. Уметь:

- разрабатывать альтернативные варианты эскизного проекта конструкции реактора для осуществления конкретного химико-технологического процесса;
- обосновать выбор элементов конструкции реактора для поддержания заданных параметров процесса;
- проанализировать химико-технологическую систему и выявить совокупность протекающих в ней процессов и явлений;
- рассчитать материальный и тепловой балансы реактора;
- дать экологическую и экономическую оценки конструкции промышленного реактора-аналога проектируемого аппарата;
- на основе анализа тепловых связей реактора с источниками энергии предложить возможные варианты энергосбережения.

3.3. Владеть:

- методами работы на ЭВМ для выполнения расчетов и нахождения необходимой для этих целей специнформации;
- методами математической статистики для обработки результатов активного и пассивного экспериментов на модели или промышленном реакторе.

4. Структура и содержание дисциплины «Химические реакторы»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы (в часах)	Информационные и другие образовательные технологии, используемые при	Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам

				Лекция	Семинар (Практическое за- нятие)	Лабораторные работы	СРС	осущест- вления об- разова- тельного процесса	
1	Основные понятия теории хими- ческого реактора	7	1	2	—	2	7	При чтении лекций ис- пользуются презентационная техника (проектор, экран, ноутбук), комплект электронных презентаций/ слайдов	<i>Коллоквиум; опрос; расчетная работа; обработка результатов эксперимента</i>
2	Время пребывания реагентов в зоне реакции. Функция распределения времени пребывания	7	3	2	—	6	8		
3	Гидродинамический режим реактора	7	5, 7	4	—	6	10		
4	Каскад реакторов. Сравнение РИС и РИВ.	7	9	2	—	6	12		
5	Химические реакторы с неидеальной структурой потоков	7	11	2	—	6	12		
6	Материальный баланс химического реактора	7	11, 13	2	—	6	14		
7	Теплоперенос в химических реакторах. Тепловой баланс химического реактора	7	15, 17	3	—	4	14		
8	Промышленные реакторы	7	18	1	—	-	22		
<i>Форма аттестации</i>									<i>Зачет Экзамен</i>

5. Содержание лекционных занятий

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства; комплект электронных презентаций/слайдов; демонстрационные приборы, презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Основные понятия теории химического реактора	2	Основные понятия теории химического реактора	<p>Системотехническое определение понятия «химический реактор». Показатели эффективности работы реактора (производительность, мощность, пропускная способность, интенсивность, удельная производительность).</p> <p>Параметры реактора (конструкционные, технологические).</p> <p>Конструкционные параметры: габарит, объем, высота, диаметр, геометрические характеристики теплообменных, перемешивающих, транспортных устройств и пр.</p> <p>Технологические параметры: параметры входа и выхода (параметры потоков сырья, катализаторов, теплоносителей, хладоагентов, продуктов). Параметры периодических и непрерывных реакторов.</p> <p>Классификация реакторов.</p> <p>Организационная структура (периодические, непрерывные, полупериодические).</p> <p>Фазовое состояние реагентов и катализаторов (гомогенные, гетерогенные реакторы).</p> <p>Направление движения потоков реагентов (прямоточные, противоточные, с перекрестным потоком).</p> <p>Конструктивная форма (колонна, трубчатый, смеситель, типа печи, теплообменника, реакционной камеры).</p> <p>Тип гидродинамического режима (идеальный и не-</p>	ПК-1, ПК-2 ПК-3

				<p>идеальный).</p> <p>Тип теплового режима (изотермический, политропический, адиабатический, автотермический).</p> <p>Материальное оформление (с наружной защитой, внутренней защитой материала реактора).</p> <p>Режимы работы реактора: Стационарный и нестационарный режимы.</p>	
2	Время пребывания реагентов в зоне реакции	2	Функция распределения времени пребывания	<p>Режим движения сырья в реакторе сказывается на времени пребывания реагентов и продуктов в реакционной зоне. Время пребывания реагентов является важнейшим технологическим показателем, от него зависит объем реактора, обеспечивающий заданную степень превращения, интенсивность реактора, селективность всего процесса.</p> <p>Для периодического реактора определение времени пребывания в зоне реакции является несложной задачей, т.к. все молекулы находятся в реакторе одинаковое время.</p> <p>В реакторе непрерывного действия на пути движущихся молекул влияет ряд физических факторов: гидродинамика, градиенты скоростей, градиенты температур, градиенты концентраций в различных точках сечения потока реактора. Движение молекулы непрямолинейное со сложной траекторией движения. Время пребывания реагентов в реакционной зоне – величина случайная, которая может принимать любое значение из определенного временного интервала. Для характеристики случайной величины пользуются понятием «функция распределения» времени пребывания.</p> <p>Экспериментальное определение функции распределения времени пребывания. Исследования кривых отклика. Дифференциальная функция распределения, интегральная функция распределения.</p> <p>В зависимости от функций распределения различают типы реакторов по гидродинамике: реактор идеального смешения (РИС); реактор идеального вытеснения (РИВ).</p>	<i>ПК-1, ПК-2 ПК-3</i>
3	Режимы работы реактора	4	Гидродинамический режим реактора	<p>Классификация реакторов по гидродинамическому режиму: реактор смешения, реактор вытеснения.</p> <p>Три механизма переноса вещества, тепла и импульса – молекулярный, квантовый (излучением) и конвективный (перенос движущейся массой вещества).</p> <p>В реакторах смешения конвективный перенос вещества происходит путем интенсивного перемешивания. В реакторах вытеснения конвективный перенос вещества осуществляется путем направленного движения потока реакционной смеси вдоль оси реактора. В первом случае интенсивность конвективного переноса определяется скоростью вращения мешалки, во втором – линейной скоростью движения потока.</p> <p>Реактор идеального смешения периодического действия (РИС-П). Принцип действия реактора. Способы создания интенсивного перемешивания. Изменение концентрации реагентов по времени и месту. Изменение скорости реакции и конверсии процесса. Кривые отклика: ступенчатый входной сигнал, импульсный входной сигнал.</p> <p>Реактор идеального смешения непрерывного действия (РИС-Н). Принцип действия проточного реактора. Способы создания интенсивного перемешивания. Изменение концентрации реагентов по времени и месту. Изменение скорости реакции и конверсии процесса. Кривые отклика: ступенчатый входной сигнал, импульсный входной сигнал.</p> <p>Реактор идеального вытеснения (РИВ). Проточный трубчатый реактор с большим соотношением габарит-</p>	<i>ПК-1, ПК-2 ПК-3</i>

				<p>ных размеров. Поршневой режим движения потоков. Изменение концентрации реагентов по времени и месту. Изменение скорости реакции и конверсии процесса. Кривые отклика: ступенчатый входной сигнал, импульсный входной сигнал.</p> <p>Диффузионно-однопараметрическая модель реактора вытеснения. Диффузионно-двухпараметрическая модель реактора вытеснения.</p> <p>Причины отклонений от «идеальности» проточных реакторов.</p>	
4	Каскад реакторов	2	Каскад реакторов К-РИС. Сравнение РИС и РИВ.	<p>В единичном реакторе РИС нельзя достигнуть высокой степени превращения, для увеличения конверсии используют ряд последовательно расположенных РИС-Н – каскад реакторов К-РИС. Изменение концентрации реагента в каскаде реакторов. Расчет каскада реакторов сводится к определению числа реакторов, необходимых для достижения заданной степени превращения. Графический метод расчета. Аналитический метод расчета. Общий объем реактора в каскаде. Функция распределения каскада реакторов.</p> <p>Сравнение эффективности РИС и РИВ, изменение концентрации реагентов, конверсии реагентов, скорости химической реакции, времени пребывания в зоне реакции. Расчет времени пребывания в зоне реакции и объема реактора РИС и РИВ с изменением конверсии реагента. Сравнение объемов реакторов.</p> <p>Для повышения селективности применяется разное соединение реакторов, комбинирование РИС и РИВ, изменение концентрации реагентов.</p>	<i>ПК-1, ПК-2 ПК-3</i>
5	Химические реакторы с неидеальной структурой потоков	1	Факторы, влияющие на характер распределения концентраций реагентов в объеме реактора.	<p>Факторы, влияющие на характер распределения концентраций реагентов в объеме реактора. Роль степени смешения реагентов в технологии гомогенных и гетерогенных систем. При идеальном ведении процесса в каждой точке реактора должна строго выдерживаться заданная величина концентрации. Однако даже в режиме идеального смешения бывает трудно получить требуемую степень однородности, т.е. гомогенизацию смеси. При проведении жидкофазных гомогенных реакций возможно возникновение несегрегированного и сегрегированного состояния потоков.</p> <p>Концентрационный режим реактора. Влияние степени сегрегации реагентов. Влияние растворителя (разбавителя). Факторы, влияющие на характер распределения концентраций реагентов в объеме реактора. Микросостояние жидкости. Макросостояние жидкости. Понятие глобулы.</p> <p>Химические реакторы с неидеальной структурой потоков. Схемы питания реакторов периодического и непрерывного действия. Влияние схемы питания на величину концентрации реагентов в реакторах различных типов.</p> <p>Реакторы для проведения процессов в жидкой фазе и в эмульсиях. Аппараты с мешалками. Типы перемешивающих устройств и их выбор.</p>	<i>ПК-1, ПК-2 ПК-3</i>
6	Материальный баланс химического реактора	3	Материальный баланс химического реактора	<p>На основании функции распределения рассчитывается время пребывания реагентов в проточных реакторах, определяется вид модели и на основании характеристической модели определяется время пребывания реагентов в реакторах в зависимости от различных факторов. Характеристическое уравнение связывает четыре переменных реактора: время пребывания, конверсию, начальную концентрацию реагента, скорость химической реакции.</p> <p>Общий вид уравнения материального баланса реактора. Так как концентрация реагента непостоянна в различных точках реактора, непостоянна во времени,</p>	<i>ПК-1, ПК-2 ПК-3</i>

				<p>материальный баланс составляют в дифференциальной форме для элементарного объема реактора. Расчет реакторов сводится к определению времени пребывания.</p> <p>Вывод математической модели (характеристического уравнения) РИС-П. Характеристическое уравнение РИС-П если $n = 0$, $n = 1$, $n = 2$ и более.</p> <p>Вывод математической модели РИВ. Характеристическое уравнение РИВ если $n = 0$, $n = 1$, $n = 2$ и более. Однопараметрическая диффузионная модель реактора. Материальный баланс. Двухпараметрическая диффузионная модель реактора. Материальный баланс.</p> <p>Вывод математической модели РИС-Н. Характеристическое уравнение РИС-Н если $n = 0$, $n = 1$, $n = 2$ и более.</p> <p>Ячеечная модель реактора. Понятие. Обоснование использования.</p>	
7	Теплоперенос в химических реакторах	3	Тепловой баланс химического реактора	<p>Теплоперенос в химических реакторах. Тепловые режимы работы химических реакторов: адиабатический (автотермический), изотермический и политропический. Оптимальный профиль температур для реакций различных классов.</p> <p>Температурный режим реактора. Режим постоянных и переменных температур. Линия оптимальных температур.</p> <p>Общий вид уравнения теплового баланса. В общем случае температура и другие параметры процесса изменяются в объеме реактора и во времени. Поэтому уравнение теплового баланса составляется в дифференциальной форме, для этого используется уравнение конвективного теплообмена, составленного в дифференциальной форме. Совместное решение уравнений материального и теплового балансов.</p> <p>Вывод уравнения теплового баланса реакторов РИС-П, РИС-Н, РИВ при политропическом тепловом режиме.</p> <p>Вывод уравнения теплового баланса реакторов РИС-П, РИС-Н, РИВ при адиабатическом и изотермическом тепловых режимах.</p> <p>Тепловая устойчивость режима реактора. Графический метод определения условий стационарности режима реактора.</p> <p>Тепловая устойчивость РИС-Н при протекании простой необратимой и обратимой экзотермической реакции при адиабатическом режиме.</p> <p>Тепловая устойчивость РИС-Н при протекании простой необратимой эндотермической реакции при адиабатическом режиме.</p> <p>Тепловая устойчивость РИС-Н при протекании простой необратимой экзотермической реакции при изотермическом и политропическом режимах.</p> <p>Теплообмен в промышленных реакторах: прямой, косвенный. Теплоносители и хладоагенты. Теплообменные устройства реакторов. Реакторы с внутренним теплообменом. Реакторы с наружным теплообменом. Высокотемпературные органические теплоносители.</p> <p>Оптимальный тепловой режим работы реакторов и способы его осуществления.</p> <p>Параметрическая чувствительность системы и ее оценка.</p>	<i>ПК-1, ПК-2 ПК-3</i>
8	Промышленные реакторы	1	Промышленные реакторы	<p>Реакторы для проведения процессов в системе газ-жидкость. Реакторы барботажной группы. Устройство барботажных колонн. Реакторы барботажные змеевиковые. Газлифтные реакторы. Конструкции. Принцип действия.</p> <p>Реакторы для проведения процессов в системе газ-</p>	<i>ОПК-1 ПК-1, ПК-2 ПК-3</i>

				<p>жидкость: с механическим диспергированием газа; работающие в пленочном режиме; типа колонн с насадкой; колонны с колпачковыми тарелками; колонны с ситчатыми тарелками. Конструкции. Принцип действия.</p> <p>Реакторы для проведения каталитических газо-фазных процессов. Классификация и общие требования.</p> <p>Реакторы для проведения каталитических газо-фазных процессов: с неподвижным слоем катализатора; с компактно движущимся слоем катализатора; с псевдооживленным слоем катализатора. Конструкции реактора. Принцип действия.</p> <p>Реакторы для проведения каталитических газо-фазных процессов работающие под высоким внутренним давлением. Конструкции. Способы изготовления корпусов.</p> <p>Реакторы для проведения некаталитических газо-фазных процессов: реактор с газовыми горелками конструкции Саксе; промышленные печи (механические полочные, пылевидного обжига, с кипящим слоем); промышленные печи (ротационные; шахтные); трубчатые реакторы с огневым подогревом. Устройство. Принцип действия.</p>	
--	--	--	--	--	--

6. Содержание семинарских, практических занятий

Учебными планами по вышеперечисленным направлениям подготовки бакалавров практических занятий не предусмотрено.

7. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Основы теории химического реактора	4	Вводное занятие (лаборатория кафедры ОХТ)	Организация работ на практикуме. Ознакомление с целями и задачами практикума. Техника безопасности при выполнении работ. Выдача рабочего задания. Ознакомление с методикой работы и лабораторной установкой.	ОПК-1 ПК-1, ПК-2
2	Режимы работы реактора	9	Исследование гидродинамических характеристик реактора вытеснения (лаборатория кафедры ОХТ)	Экспериментальная часть практикума – 20 ч: Технологический эксперимент выполняется в течение 4-х занятий для определения функции распределения времени пребывания реагентов в химическом реакторе, вывода математической модели исследуемого реактора, построения кривых отклика (16 ч).	ПК-1, ПК-2 ПК-3
3	Гидродинамические режимы работы реактора	9	Исследование гидродинамических характеристик реактора смешения (лаборатория кафедры ОХТ)	Программа коллоквиума посвящена теории химического реактора (4 ч). Обсуждаемые проблемы связаны с теоретическими закономерностями изучаемых реакторов и их практическим применением. Расчетно-графическая часть практикума- 16 ч:	ПК-1, ПК-2 ПК-3
4	Гидродинамические режимы работы реактора	9	Исследование гидродинамических характеристик ячеечной модели (лаборатория кафедры ОХТ)	Задача 1. Сравнительный расчет рабочих объемов проточных реакторов РИС и РИВ для различных степеней конверсии и выводы в соответствии с полученными результатами (4 ч); Задача 2. Расчет объемов реакторов РИС, РИВ и каскада реакторов для простой обратимой реакции (4 ч);	ПК-1, ПК-2 ПК-3
5	Гидродинамические режимы работы реактора	5	Исследование гидравлического сопротивления в РИВ, РИС (лаборатория кафедры ОХТ)	Задача 3. Расчет длины змеевиков РИВ с протекающей в нем экзотермической реакцией (4 ч); Задача 4. Расчет величины адиабатического разогрева реакционной массы в условиях ограничения температур входа и выхода (4 ч).	ПК-1, ПК-2 ПК-3

**Лабораторные работы выполняются на технологическом оборудовании, размещенном в помещении учебной лаборатории модельных установок кафедры общей химической технологии (ауд. А-213).*

Лабораторные занятия по дисциплине «Химические реакторы» преследуют следующие цели:

- ✓ Обучение методике определения гидродинамического режима работы химического реактора, вывода математической модели химического реактора;
- ✓ Ознакомление студентов с понятием технологического эксперимента и практикой его постановки для получения математической модели химического реактора;
- ✓ Формирование представления об инновационной деятельности специалиста в области модернизации существующих промышленных систем на основе результатов системного анализа.

Рабочая программа лабораторного практикума подразделяется на две составляющие: экспериментальную и расчетно-графическую.

Экспериментальная составляющая

Программой организации лабораторных занятий запланировано деление студентов на две подгруппы, занятия с которыми осуществляются двумя преподавателями.

Расчетно-графические занятия проводятся параллельно (одновременно). В то время, когда одна из подгрупп выполняет экспериментальную работу, другая решает одну из задач расчетно-графического практикума.

Тематика работ приведена в соответствующих разделах практикума.

На каждом занятии результаты эксперимента и расчета оцениваются преподавателем в соответствии с качеством выполненной работы по 5-ти балльной шкале. Оценка усвоения изучаемой дисциплины, а также контроль СРС осуществляется на предназначенных для этих целей занятиях (внутренний рейтинг).

1-ое занятие – организационное.

Посвящено ознакомлению студентов с программой работ на практикуме; техникой безопасности при выполнении экспериментов; выдается информация о содержании СРС; разъясняется система оценок работы студента на всех этапах практикума.

Выдается первое задание по СРС и предлагается к 11-му занятию подготовить ответы на следующий перечень вопросов:

- классификация контактных аппаратов с одной или несколькими подвижными фазами;
- достоинства и недостатки контактных аппаратов;
- рекомендации по применению;
- пояснить причину более подробного изучения контактных аппаратов по сравнению с другими видами реакционного оборудования, так как этот типа реакторов в силу простоты и сравнительной дешевизны обычно используется на предприятиях нефтехимии.

Проверка уровня усвоения учебного материала по затронутой проблеме осуществляется на 5-ом занятии.

2-е и 3-е занятия предназначены для выполнения экспериментальной работы по исследованию гидродинамических характеристик реакторов РИС и РИВ, каскада РИС; гидравлического сопротивления РИС и РИВ, насадочного аппарата. 1-ая подгруппа выполняет эксперимент на 2-ом занятии, 2-я подгруппа готовит СРС. На 3-ем занятии 2-я подгруппа проводит эксперимент, а 1-я – СРС.

Первый семинар проводят на 4-м и 5-м занятиях. Работают все подгруппы.

Обсуждаемые проблемы: масштабирование химических реакторов; понятие масштабного эффекта; причина масштабного эффекта; неравномерности 4-х видов.

Методы масштабирования (физического, математического, гидродинамического моделирования).

Достоинства и недостатки метода физического моделирования.

Достоинства и недостатки метода математического моделирования.

Поскольку физическое и математическое моделирование не обеспечивают полностью задач масштабирования, то используют метод гидродинамического моделирования. Задача гидродина-

мического моделирования – выявление источников масштабного эффекта и разработка конструктивных мер по их устранению.

Специальные меры для снижения отрицательного воздействия масштабного эффекта на процесс в химическом реакторе (выравнивание поля скоростей на входе в аппарат; усиление поперечного перемешивания; работа на интенсивных режимах при высоких скоростях потоков; ограничение размеров длины, обуславливающих масштаб турбулентности; уменьшение возможной длины байпасов путем секционирования аппарата или слоя по высоте; ограничение эффективного продольного перемешивания на барботажных ситчатых тарелках путем продольного и поперечного секционирования; устранение дефектов конструкции, приводящих к байпасированию жидкости на барботажных тарелках; применение насадок или решеток в псевдооживленных слоях, разбивающих и уменьшающих продольное перемешивание.

Недостатки метода гидравлического моделирования.

Проверка усвоения учебного материала обсуждается в ходе обсуждения проблемы масштабирования.

6-10 занятия отводятся на выполнение работ расчетно-графического практикума. На 8-м занятии выдается 2-ое задание по СРС.

Второй семинар проводится на 11-ом и 12-ом занятиях по проектированию химического реактора, используя учебный материал СРС и методику поэтапного проектирования контактных аппаратов.

Каждый студент решает самостоятельно предлагаемую задачу: разработать эскизный проект контактного аппарата для реализации конкретной технологии, ориентируясь на учебный материал.

Третий семинар проводится на 13-15-м занятиях.

Дидактический материал семинара посвящен проблемам нелинейной динамики гетерогенно-каталитических реакций. На 15-ом занятии выдается задание по СРС.

В программу семинара входит обсуждение содержания ряда понятий, явлений и свойств, используемых для решения практических и теоретических задач конструирования и эксплуатации контактных аппаратов, а также явлений и свойств, возникающих в ходе функционирования гетерогенно-каталитических систем.

Четвертый семинар проводится на 16, 17 занятиях.

Обсуждаемые проблемы: основные недостатки старой контактной техники заключаются в низкой скорости тепло- и массообменных процессов, поэтому при появлении новых интенсифицирующих воздействий на химическую реакцию приводит к необходимости ввода целого ряда ограничений.

Выполняется критический анализ изменений, возникающих при переводе эксплуатируемого контактного аппарата на более активный по сравнению с прежним катализатором.

Для получения ожидаемого эффекта от применения нового интенсифицирующего воздействия на реакцию (увеличение производительности, уменьшение габаритов аппарата и его устройств) возникает проблема модернизации контактной техники.

Для выработки решения по проблеме модернизации предложить следующую стратегию (логическую последовательность действий).

В качестве примера предложить рассмотреть оригинальную конструкцию контактного аппарата, практически лишенную недостатков и обладающую универсальностью применения.

18-ое занятие предназначено для подведения итогов и сдачи зачета по дисциплине «Химические реакторы».

Расчетно-графическая составляющая

В программу работ расчетно-графической составляющей лабораторного практикума входит выполнение следующих задач:

Задача 1. Сравнительный расчет рабочих объемов проточных реакторов РИС и РИВ для различных степеней конверсии и выводы в соответствии с полученными результатами;

Задача 2. Расчет объемов реакторов ИС, ИВ и каскада реакторов для простой обратимой реакции;

Задача 3. Расчет длины змеевиков РИВ с протекающей в нем экзотермической реакцией;

Задача 4. Расчет величины адиабатического разогрева реакционной массы в условиях ограничения температур входа и выхода.

Необходимые пояснения к выполнению задач 1-4 приведены в описании нижеследующих методик.

Методики расчета для задач 1-4

Задачи 1-4 по расчету предназначены для студентов, обучаемых по соответствующему направлению подготовки.

Методика проведения занятий заключается в следующем.

После подробного ознакомления студентов с условиями задачи и способом ее решения каждому члену подгруппы выдается индивидуальное задание по расчету объемов реакторов РИС и РИВ, работающих в разных условиях и с разными реакциями (задачи 1-3).

По результатам выполненной работы предлагается выявить закономерности и сделать вывод по причинам их появления.

Последняя (4 задача) касается работы реактора с экзотермической реакцией в адиабатическом режиме. После необходимых пояснений способа решения выдается индивидуальное задание по расчету величины адиабатического разогрева, не выводящего систему за пределы рабочего режима.

Методология, заложенная в цели задачи 1, заключается в следующем:

- Усвоение причины разделения реакторов на 2 гидродинамических типа, в основе которой лежит понятие: реагенты смешиваются с образующимися в аппарате продуктами (РИС), и реагенты не смешиваются с продуктами (РИВ).
- В результате изменение концентрации (скачок) реагента C_A в реакционной массе объясняется не только его естественной убылью в ходе процесса, но и чисто механическим смешением с продуктами (РИС). Понижение концентрации реагента и, соответственно, скорости реакции, приводит к необходимости увеличения объема аппарата для обеспечения заданной производительности.
- Приобретение навыка в определении пропускной способности реактора на основе заданной производительности, стехиометрии реакции, потерь продукта и конверсии, не равной единице.
- Приобретение навыка в подготовке информации для выявления возможной закономерности $V = f(\alpha)$, в анализе причин ее появления и объяснении различий в $V_{РИС} / V_{РИВ}$ для разных значений конверсии.
- Вывод предоставляется сделать студентам.

Методология, заложенная в цели задачи 2, заключается в следующем:

- В условия задачи введены режимные параметры процесса пиролиза ацетона, использование которых необходимо для расчета состава реакционной смеси и скорости реакции в проточных реакторах.
- Определение значений указанных характеристик основывается на знании закономерностей предшествующей дисциплины (физической химии).
- Усвоение закономерностей течения идеальных потоков (разд. 6.5.2.1) учебника (поз.1), касающихся величин, характеризующих состояние системы (температур и концентраций).
- Скачкообразное изменение концентрации реагентов до своего минимального и сохраняющего затем постоянное значение для РИС и уменьшающейся концентрации реагентов от входа к выходу в соответствии с характером кинетической кривой реакции для РИВ.
- В соответствии с изложенным в проточном РИС скорость реакции сохраняется постоянной, а в РИВ изменяется по ходу процесса.
- После разбора способа решения преподаватель выдает индивидуальное задание по расчету проточных РИС и РИВ, изменив условия протекания процесса и величину конверсии.

Методология, заложенная в цели задачи 3, заключается в следующем:

- Ознакомление студентов с практическим применением теоретического положения о применении каскада реакторов для уменьшения объема смешения реагентов с продуктами в каждом реакторе (ступени) каскада, в результате чего достигается увеличение скорости реакции за счет уменьшения высота скачка концентрации и снижения суммарного объема реакционной аппаратуры.
- Ознакомление студентов с методикой графического способа определения числа реакторов (ступеней) в каскаде.
- Применение в процессе решения задачи закономерностей предшествующих дисциплин (физической химии, математики):
- - понятия равновесной конверсии и скорости обратимой реакции;
- - умения выразить текущие концентрации реагентов и продуктов (C_A , C_R , C_S) через начальное значение концентрации реагента A на входе в реактор C_{A0} ;
- - решение интегральных уравнений.

Методология, заложенная в цели задачи 4, заключается в следующем:

- получение навыка в расчете теплового баланса адиабатического реактора с экзотермической реакцией;
- усвоение понятия «адиабатический разогрев»;
- выработка умения, изменив параметры процесса, ввести последний в рамки рабочего режима.
- После составления теплового баланса преподаватель предлагает проанализировать уравнение баланса и выяснить, какие параметры можно изменить, не вызвав появления избыточного тепла в аппарате, и в каком направлении (уменьшения или увеличения).

Затем студентам выдается индивидуальное задание.

Курсовая работа по дисциплине «Химические реакторы»

Курсовая работа по дисциплине «Химические реакторы»- это самостоятельная разработка студента под руководством преподавателя, содержащая результаты теоретических, расчетных, аналитических, экспериментальных исследований по данной дисциплине. Основной целью выполнения курсовой работы является расширение, углубление знаний студентов по химическим реакторам и формирование у них навыков научно-исследовательской и расчетно- конструкторской деятельности.

Задачи курсовой работы:

- закрепление и углубление теоретических и практических знаний по химическим реакторам;
- приобщение к работе со специальной и нормативной литературой;
- овладение современными методами поиска, обработки и использования информации;
- систематизация научных знаний;
- углубление уровня и расширение объема профессионально значимых знаний, умений и навыков;
- приобретение навыков творческого мышления, обобщения и анализа;
- развитие интереса к научно-исследовательской расчетно- конструкторской работе;
- формирование умений и навыков самостоятельной организации научно-исследовательской работы;
- выработка умений применять полученные знания для решения конкретных задач по изучению химических реакторов.

Курсовая работа рассматривается как вид учебной работы студентов и выполняется в пределах часов, отводимых на изучение дисциплины «Химические реакторы» в соответствии с учебным планом.

В зависимости от темы и задания, а также научного направления кафедры курсовая работа по дисциплине «Химические реакторы» может выполняться на разных уровнях и представлять собой:

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования № 227 от 12.03.2015 года, по направлению 18.03.02 «Энерго и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии».

По профилю «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика», на основании учебного плана набора обучающихся 2017 года.

Разработчик программы:

профессор кафедры ОХТ

(должность)


(подпись)

Г.Г. Елиманова

(Ф.И.О.)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ОХТ,
протокол от 26.10 2017 г. № 3

Зав. кафедрой


(подпись)

Х.Э.Харлампи

(Ф.И.О.)

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии ФННХ, реализующего подготовку образовательной программы от 26.10 2017 г. № 3

Председатель комиссии, профессор


(подпись)

Н.Ю. Башкирцева

(Ф.И.О.)

Начальник УМЦ


(подпись)

Л.А. Китаева

(Ф.И.О.)

- расчетную работу по определению характеристического уравнения конкретного реактора с применением компьютерной обработки;
- экспериментальную работу в области изучения химических реакторов;
- конструкторскую работу, связанную с созданием установок или приборов;
- моделирование системы управления химическим реактором.

Тематика курсовых работ должна быть актуальной и соответствовать современному состоянию и перспективам развития науки, а также задачам изучения дисциплины «Химические реакторы». Тематика курсовых работ разрабатывается, обсуждается и утверждается на заседании кафедры в начале учебного года (семестра). Укрупненные тематики курсовых работ по дисциплине «Химические реакторы»:

Поиск оптимального типа реактора для проведения конкретного химического процесса в рамках научного направления кафедры.

Расчет изотермического (неизотермического) процесса в химическом реакторе.

Тепловой расчет реактора для проведения конкретного химического процесса в рамках научного направления кафедры.

Моделирование системы управления химическим реактором.

8. Самостоятельная работа бакалавра

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	Промышленные реакторы	10	Подготовка к лабораторным работам	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3
2	Контактные аппараты со стационарным слоем катализатора (с одной подвижной фазой)	8	Доклад с презентацией	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3
3	Многофазные реакторы	8	Устный опрос	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3
4	Жидкофазные реакторы	8	Доклад с презентацией	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3
5	Высокотемпературные реакторы	8	Устный опрос	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3
6	Реакторы под давлением	8	Реферат	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3
7	Реакторы с нетрадиционным источником энергии	10	Реферат	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3
8	Совмещенные реакторы	8	Устный опрос	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3
9	Метод СВС	7	Устный опрос	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3
10	Анализ случайных величин	8	Устный опрос	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3
11	Характеристическое уравнение периодического реактора	8	Подготовка к лабораторным работам (расчетно-графическая составляющая)	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3
12	Вопросы и упражнения	8	Письменный опрос	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3
	ИТОГО:		99 ч	

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Химические реакторы» используется рейтинговая система.

Усвоение учебного материала контролируется по всем видам учебных занятий: лабораторному практикуму и лекционному курсу.

При изучении дисциплины планируются следующие виды учебных занятий: экспериментальные, расчетно-графические работы и теоретический практикум, а также проверка выполнения СРС, посещаемости занятий.

Сумма баллов, выставляемых студентам в процессе изучения ими курса «Химические реакторы» составляет **100**. Указанный индекс распределяется между текущим и экзаменационным контролем как **60** и **40**.

Распределение баллов по текущему контролю представлено в таблице.

Максимальные оценки знаний по всем видам занятий

Вид учебного занятия	Оценка контрольной точки	Количество контрольных точек
1. Лекции	15	
1.1. Контроль за усвоением учебного материала	5	4
1.2. Контроль СРС	10	6
2. Лабораторные занятия	40	4
2.1. Коллоквиум по теории химического реактора	10	4
2.2. Выполнение технологического эксперимента	10	4
2.3. Статистическая обработка результатов эксперимента в форме математической модели химического реактора	10	1
2.4. Расчетно-графические работы – 4	10	1
4. Посещение занятий (лекций, лабораторных работ)	5	1
ИТОГО:	60	27

К экзамену допускаются студенты, прошедшие контрольные точки.

Окончательная оценка знаний выставляется на основе качества ответов на вопросы экзаменационных билетов.

Рейтинговую оценку за усвоение учебного материала по курсу «Химические реакторы» получают путем суммирования баллов, полученных при выполнении всего объема работ.

10. Информационно-методическое обеспечение дисциплины
10.1. Основная литература

При изучении дисциплины «Химические реакторы» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Основные источники информации	Количество экз.
1. Кузнецова И.М., Харлампида Х.Э., Иванов В.Г., Чиркунов Э.В. Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологического процесса. Учебник, под общей ред. Х.Э. Харлампида. – СПб.: Лань, 2013. 448 с.	100 экз. УНИЦ КНИТУ ЭБС «Лань» http://e.lanbook.com/ Доступ из любой точки Интернета после реги- страции с IP- адресов КНИТУ
2. Кузнецова И.М., Харлампида Х.Э., Иванов В.Г., Чиркунов Э.В. Общая химическая технология. Основные концепции проектирования химико-технологических систем. Учебник, под общей ред. Х.Э. Харлампида. – СПб.: Лань, 2014. 384 с.	100 экз. УНИЦ КНИТУ ЭБС «Лань» http://e.lanbook.com/ Доступ из любой точки Интернета после реги- страции с IP- адресов КНИТУ
3. Аболонин Б.Е., Кузнецова И.М., Харлампида Х.Э. Основы химических производств. Учебник, под ред. Х.Э. Харлампида. – СПб.: Лань, 2015. 396 с.	ЭБС «Лань» http://e.lanbook.com/ Доступ из любой точки Интернета после реги- страции с IP- адресов КНИТУ

10.2. Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Количество экз.
1. Кузнецова И.М., Харлампида Х.Э., Батыршин Н.Н. Общая химическая технология. Материальный баланс химико-технологического процесса: учебное пособие для вузов. – М.: Логос, 2007 – 264 с.	990 экз. УНИЦ КНИТУ
2. Бесков В.Г., Сафронов М.С. Общая химическая технология: учебник для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 452 с.	25 экз. УНИЦ КНИТУ
3. Галимов Р.А., Харлампида Х.Э. Технологии нефте-подготовки, нефтепереработки и нефтехимического синтеза: учебное пособие. – Казан. гос. технол. ун-т, Казань, 2005. – 92 с.	25 экз. на кафедре ОХТ

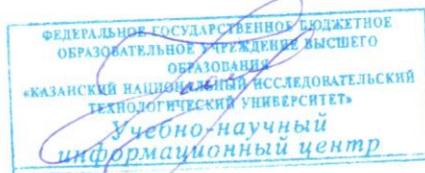
11.3 Электронные источники информации

1. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ – Режим доступа:
<http://ruslan.kstu.ru/>
2. Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ – Режим доступа:
<http://ft.kstu.ru/ft/>
3. Научная Электронная Библиотека (НЭБ) - Режим доступа:
<http://elibrary.ru>
4. ЭБС «Юрайт» - Режим доступа: <http://www.biblio-online.ru>
5. ЭБС «РУКОНТ» - Режим доступа: <http://rucont.ru>
6. ЭБС Библиокомплектатор - Режим доступа: <http://bibliocomplectator.ru>
7. ЭБС «Лань» - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/books/>
8. ЭБС «КнигаФонд» - Режим доступа: <http://www.knigafond.ru>
9. ЭБС «БиблиоТех» - Режим доступа: <http://kstu.bibliotech.ru>
10. ЭБС «Консультант студента» - Режим доступа:
<http://www.studentlibrary.ru>
11. ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com>
12. ЭБС «Book.ru» - Режим доступа: <http://www.book.ru>
13. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» - <http://biblioclub.ru>

Доступ из любой точки Интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ.

Согласовано:

Зав.сектором ОКУФ



Усольцева И.И.

11. Оценочные средства для определения результатов освоения дисциплины

11.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

Индекс Компетенции	Содержание компетенции	Этапы формирования компетенции			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Курсовой проект (работа)
ОПК-1	Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Тема 1, тема 2, тема 3, тема 4, тема 5, тема 6, тема 7, тема 8, тема 9	Не предусмотрены	Коллоквиум: тема 2-5. Расчетно-графическая часть: задача 1-4. Экспериментальная часть: эксперимент 1-4.	
ПК-1	Способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	Тема 1, тема 2, тема 3, тема 4, тема 5, тема 6, тема 7, тема 8, тема 9	Не предусмотрены	Коллоквиум: тема 2-5. Расчетно-графическая часть: задача 1-4. Экспериментальная часть: эксперимент 1-4.	
ПК-2	Способность участвовать в совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду	Тема 1, тема 2, тема 3, тема 4, тема 5, тема 6, тема 7, тема 8, тема 9	Не предусмотрены	Коллоквиум: тема 2-5. Расчетно-графическая часть: задача 1-4. Экспериментальная часть: эксперимент 1-4.	
ПК-3	Способность использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программ и баз	Тема 1, тема 2, тема 3, тема 4, тема 5, тема 6, тема 7, тема 8, тема 9	Не предусмотрены	Коллоквиум: тема 2-5. Расчетно-графическая часть: задача 1-4. Экспериментальная часть: эксперимент 1-4.	

	данных для расчета технологических параметров оборудования и мониторинга природных сред.				
--	--	--	--	--	--

11.2. Показатели и критерии оценивания компетенций шкал оценивания

Индекс компетенции	Содержание компетенции	Уровни освоения компетенции		
		Пороговый	Продвинутый	Превосходный
ОПК-1	Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности;	Базовые умения самостоятельно выполнять технические работы в соответствии с технологическим регламентом.	Основные умения самостоятельно выполнять технические работы в соответствии с технологическим регламентом	Все основные умения самостоятельно выполнять технические работы в соответствии с технологическим регламентом
ПК-1	Способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	Базовые умения осуществлять оперативный контроль за техническим состоянием технологического оборудования, используемого при строительстве, ремонте, реконструкции и восстановлении технологических производств	Основные умения осуществлять оперативный контроль за техническим состоянием технологического оборудования, используемого при строительстве, ремонте, реконструкции и восстановлении технологических производств	Все основные умения осуществлять оперативный контроль за техническим состоянием технологического оборудования, используемого при строительстве, ремонте, реконструкции и восстановлении технологических производств
ПК-2	Способность участвовать в совершенствовании технологических процессов с позиций энерго - и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду			
ПК-3	Способность использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программ и баз данных для расчета технологических параметров оборудования и мониторинга природных сред.			

<i>Цифровое выражение</i>	<i>Выражение в баллах</i>	<i>Словесное выражение</i>	<i>Описание оценки в требованиях к уровню и объему компетенций</i>
5	От 87 до 100	Отлично (зачтено)	Освоен превосходный уровень всех составляющих компетенций ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3
4	От 73 до 87	Хорошо (зачтено)	Освоен продвинутый уровень всех составляющих компетенций ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3
3	От 60 до 73	Удовлетворительно (зачтено)	Освоен пороговый уровень всех составляющих компетенций ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3
2	До 60	Неудовлетворительно (не зачтено)	Не освоен пороговый уровень всех составляющих компетенций ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3

11.3. Задания и иные материалы, необходимые для оценки сформированности компетенций

В качестве оценочных средств для текущего и окончательного контроля успеваемости по дисциплине «Химические реакторы» используются следующие формы:

1. Рефераты;

Темы рефератов (формирование компетенции ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3):

- Основные задачи современной нефтехимии и химической технологии.
- Химические реакторы для проведения гомогенных процессов.
- Реакторы для проведения газофазных процессов.
- Реакторы для проведения жидкофазных процессов.

2. Коллоквиум;

Указанная форма контроля используется перед началом экспериментальной работы на лабораторной установке, иллюстрирующей гидродинамику движения потоков в промышленном химическом реакторе, с целью проверки усвоения теоретического материала по разделу лекционного курса, соответствующего теме исследования.

Варианты вопросов обсуждаемых на коллоквиуме «Теория химического реактора»:

1. Основные показатели химической технологии (сырье, реагент, примеси, целевой продукт, вторичное сырье, отход, вспомогательные материалы, целевая реакция, побочная реакция, конверсия, селективность, выход целевого продукта, расходные коэффициенты по сырью). (ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3)
2. Современный химический реактор. Физические и химические процессы, протекающие в реакторе. (ПК-1, ПК-2, ПК-3)

Варианты вопросов, обсуждаемых на коллоквиуме «Исследование гидродинамических характеристик реактора»:

1. Модель, моделирование, математическая модель. (ПК-1, ПК-2, ПК-3).
2. Время пребывания в зоне реакции. Функция распределения. Экспериментальное определение функции распределения. (ПК-1, ПК-2, ПК-3).
3. Дифференциальная и интегральная функция распределения. (ПК-1, ПК-2, ПК-3).

Варианты вопросов, обсуждаемых на коллоквиуме «Теплоперенос в химических реакторах»:

1. Влияние температуры на технологические показатели процесса химического превращения. (ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3).
2. Тепловые режимы реактора. Уравнение теплового баланса реактора. (ПК-1, ПК-2, ПК-3).
3. Адиабатический реактор. Автотермический тепловой режим. Уравнение теплового баланса реакторов при адиабатическом режиме. (ПК-1, ПК-2, ПК-3).

Вопросы, обсуждаемые на коллоквиуме «Контактные аппараты»:

1. Контактные аппараты с кипящим слоем катализатора. (ПК-1, ПК-2, ПК-3).
2. Конструкции высокотемпературных реакторов. (ПК-1, ПК-2, ПК-3).

3. Экзамен

Для оценки уровня усвоения учебного материала по предмету «Химические реакторы» по соответствующим разделам лекционного курса разработаны экзаменационные билеты.

Разработано 30 билетов (один из вопросов формирует компетенции **ОПК-1, ПК-1**, второй вопрос – компетенцию **ПК-2, ПК-3**).

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
Кафедра Общей химической технологии

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10
по дисциплине «Химические реакторы»
(очная форма)

1. Концентрационный режим реактора. Влияние гидродинамики потока. Схемы питания, направления движения потоков, типы технологических связей реактора.
2. Каскад реакторов смешения. Графический расчет каскада реакторов.

Преподаватель

Зав. кафедрой

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
Кафедра Общей химической технологии

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 9
по дисциплине «Химические реакторы»
(очная форма)

1. Материальный баланс реактора в общей и дифференциальной формах.
2. Косвенный и прямой теплообмен. Основные виды теплоносителей и хладагентов.

Преподаватель

Зав. кафедрой

11.4 Процедура оценивания сформированности компетенций

Описание оценочных средств с позиций балльно-рейтинговой системы (БРС)
Коллоквиум – 5 баллов Реферат – 10 баллов Доклад – 10 баллов Тест – 10 баллов Конспект – 5 баллов Презентация 5 – 10 баллов

Процедура оценивания знаний в БРС

Текущий контроль в семестре

Цифровое и словесное выражение оценки	Выражение в баллах БРС:	Описание оценки в требованиях к уровню и объему компетенций	Описание примерной шкалы оценочных средств с позиций БРС
5 (отлично, зачтено)	от 87 до 100 итог, от 63 баллов в семестре	Освоен превосходный уровень компетенций	Коллоквиум 5 баллов Реферат 10 баллов Доклад 10 баллов Тест 10 балла Конспект 5 баллов Презентация 20 баллов Итого: 60 баллов
4 (хорошо, зачтено)	от 73 до 87 итог, от 36 до 63 баллов в семестре	Освоен продвинутый уровень компетенций	Коллоквиум 1-5 баллов Реферат 8-10 баллов Доклад 8-10 баллов Тест 8-10 баллов Конспект 4 баллов Презентация 15-20 баллов Итого: 44-59 баллов
3 (удовлетворительно, зачтено)	от 60 до 73, от 36 до 49 баллов в семестре	Освоен пороговый уровень компетенций	Коллоквиум 1-4 балла Реферат 5-8 баллов Доклад 5—8 баллов Тест 5- 8 баллов Конспект 3 балла Презентация 10-15 баллов Итого: 29-46 баллов

Критерии оценки ответа студента

Итоговый контроль на зачете

При определении оценки необходимо исходить из следующих критериев:

сумма знаний, которыми обладает студент (теоретический компонент – системность знаний, их полнота, достаточность, действенность знаний, прочность, глубина и др. критерии оценки);

понимание сущности явлений и процессов и их взаимозависимостей;

умение видеть основные проблемы (теоретические, практические), причины их возникновения;

умение теоретически обосновывать возможные пути решения существующих проблем (теории и практики).

Оценка «отлично»

Ответы на поставленные вопросы в билете излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. Делаются обоснованные выводы. Демонстрируются глубокие знания базовых нормативно-правовых актов.

Оценка «отлично» предполагает глубокое знание теории, понимание всех явлений и процессов. Ответ студента на каждый вопрос билета должен быть развернутым, уверенным, ни в коем случае не зачитываться дословно, содержать достаточно четкие формулировки, подтверждаться графиками, цифрами или фактическими примерами. Такой ответ должен продемонстрировать знание материала лекций, базового учебника и дополнительной литературы. Оценка «отлично» выставляется только при полных ответах на все основные и дополнительные вопросы.

Оценка «хорошо»

Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. Материал излагается уверенно. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер.

Оценка «хорошо» ставится студенту за правильные ответы на вопросы билета, знание основных характеристик раскрываемых категорий в рамках рекомендованного учебниками и положений, данных на лекциях. Обязательно понимание взаимосвязей между явлениями и процессами, знание основных закономерностей.

Допускаются нарушения в последовательности изложения. Демонстрируются поверхностные знания вопроса. Имеются затруднения с выводами. Допускаются нарушения норм литературной речи.

Оценка «удовлетворительно» ставится студентам, которые при ответе:

в основном знают программный материал в объеме, необходимом для предстоящей работы по профессии;

в целом усвоили основную литературу;

допускают существенные погрешности в ответе на вопросы экзаменационного билета.

Оценка «удовлетворительно» предполагает ответ только в рамках лекционного курса, который показывает знание сущности основных категорий психологической науки. Как правило, такой ответ краток, приводимые формулировки являются недостаточно четкими, нечеткими, в ответах допускаются неточности. Положительная оценка может быть поставлена при условии понимания студентом сущности основных категорий по рассматриваемым и дополнительным вопросам.

Оценка «неудовлетворительно»

Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний. Имеются заметные нарушения норм литературной речи.

Оценка «неудовлетворительно» предполагает, что студент не разобрался с основными вопросами изученных в процессе обучения курсов, не понимает сущности процессов и явлений, не может ответить на простые вопросы типа «что это такое?» и «почему существует это явление?». Оценка «неудовлетворительно» ставится также студенту, списавшему ответы на вопросы и читающему эти ответы экзаменатору, не отрываясь от текста, а просьба объяснить или уточнить прочитанный таким образом материал по существу остается без ответа.

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Химические реакторы»

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства; наборы слайдов; демонстрационные приборы.

1. Лекционные занятия:

- комплект электронных презентаций/слайдов,
- аудитории, оснащенные презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

2. Лабораторные работы:

- лаборатория, оснащенная лабораторными установками, перечень которых приведен в списке экспериментальных работ;
- измерительная аппаратура (колориметр КФК);

- лабораторные занятия обеспечены пакетами ПО MSWord, MSExcel, MSPowerPoint и специализированными ПО ChemCAD, MSVisio.

3. *Расчетно-графические занятия:*

- комплект задач с примерами решения;
- методика обработки экспериментальных данных по расчету статистической модели реактора.

4. *Теоретический практикум:*

- а) комплекты описания основных проблем, обсуждаемых на занятии.

3. *Прочее:*

- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,
- рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

13. Образовательные технологии

Для достижения планируемых результатов обучения, в дисциплине «Общая химическая технология» используются следующие образовательные технологии:

1. *Информационно-развивающие технологии*, направленные на формирование системы знаний, запоминание и свободное оперирование ими.

Используется самостоятельное изучение литературы, применение новых информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств информации.

2. *Деятельностные практико-ориентированные технологии*, направленные на формирование системы профессиональных практических умений при проведении экспериментальных исследований, обеспечивающих возможность качественно выполнять профессиональную деятельность.

Используется анализ, сравнение методов проведения физико-химических исследований, выбор метода, в зависимости от объекта исследования в конкретной производственной ситуации и его практическая реализация.

3. *Развивающие проблемно-ориентированные технологии*, направленные на формирование и развитие проблемного мышления, мыслительной активности, способности видеть и формулировать проблемы, выбирать способы и средства для их решения.

Используются виды проблемного обучения: освещение основных проблем промышленного производства катализаторов и их исследования, учебные дискуссии, коллективная мыслительная деятельность в группе при проведении семинарских занятий. При этом используются следующие уровни сложности и самостоятельности:

- проблемное изложение учебного материала преподавателем;
- создание преподавателем проблемных ситуаций, а обучаемые вместе с ним включаются в их разрешение;
- преподаватель лишь создает проблемную ситуацию, а разрешают её обучаемые в ходе самостоятельной деятельности.

4. *Личностно-ориентированные технологии обучения*, обеспечивающие в ходе учебного процесса учет различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе. Личностно-ориентированные технологии обучения реализуются в результате индивидуального общения преподавателя и студента при подготовке к практическим работам и семинарским занятиям.

Лист переутверждения рабочей программы

Рабочая программа по дисциплине «Химические реакторы»
(наименование дисциплины)

пересмотрена на заседании кафедры «Общей химической технологии»

(наименование кафедры)

№ п/п	Дата переутверждения РП (протокол заседания кафедры № от • 20 _)	Наличие изменений	Наличие изменений в списке литературы	Подпись разработчика РП	Подпись заведующего кафедрой	Подпись начальника УМЦ
	№1 от 06.09.2018	нет	Нет		